

Verfahren zur Reduzierung von Lastwechselschlag bei Kraftfahrzeugen

Patent number: DE19838454
Publication date: 2000-03-16
Inventor: FLINSPACH ROLAND (DE); HALLER ANDREAS (DE);
MOSER FRANZ (DE); RINK GUENTER (DE)
Applicant: DAIMLER CHRYSLER AG (DE)
Classification:
- international: F02D41/04; F02D9/02
- european: F02D11/10B; F02D41/10; F02D41/12B2; F02D43/00
Application number: DE19981038454 19980825
Priority number(s): DE19981038454 19980825

Also published as:

WO0011335 (A)
EP1108130 (A1)

[Report a data error here](#)

Abstract of DE19838454

The invention relates to a method for reducing power-off reaction in automobiles by modifying the curve of engine torque. In order to convert the curve of engine torque between a lower initial torque value and an upper target torque value, the curve of throttle valve position is modified between an initial closing position corresponding to an initial torque value and a target opening position corresponding to the targeted torque value. In order to effectively reduce power-off reaction without impairing driveability of the vehicle, the curve of the throttle valve position has, in the vicinity of the initial closing position, a local maximum opening the throttle valve and, in-between the local maximum and the target opening position, a local minimum closing the throttle valve, wherein the local maximum of the throttle valve position corresponds to a local torque maximum which is high enough to suppress or substantially reduce the play in the transmission system of the vehicle.

Data supplied from the **esp@cenet** database - Worldwide

THIS PAGE BLANK (USPTO)



⑮ BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENT- UND
MARKENAMT

⑫ Patentschrift
⑩ DE 198 38 454 C 1

⑤ Int. Cl.⁷:
F 02 D 41/04
F 02 D 9/02

⑦ Aktenzeichen: 198 38 454.8-26
⑧ Anmeldetag: 25. 8. 1998
⑨ Offenlegungstag: -
④ Veröffentlichungstag
der Patenterteilung: 16. 3. 2000

Innerhalb von 3 Monaten nach Veröffentlichung der Erteilung kann Einspruch erhoben werden

⑬ Patentinhaber:
DaimlerChrysler AG, 70567 Stuttgart, DE

⑭ Erfinder:
Flinspach, Roland, Dipl.-Ing., 75446 Wiernsheim,
DE; Haller, Andreas, Dipl.-Ing., 70372 Stuttgart, DE;
Moser, Franz, Dipl.-Ing., 73269 Hochdorf, DE; Rink,
Günter, Dipl.-Ing., 73111 Lauterstein, DE

⑮ Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht
gezogene Druckschriften:

DE 40 13 943 C2
DE 38 31 575 A1
DE 34 04 154 A1

⑯ Verfahren zur Reduzierung von Lastwechselschlag bei Kraftfahrzeugen

⑰ Bei einem Verfahren zur Reduzierung von Lastwechselschlag bei Kraftfahrzeugen durch Veränderung des Motor-Momentenverlaufs wird zur Umsetzung eines Motor-Momentenverlaufs zwischen einem unteren Momenten-anfangswert und einem oberen Momentenzielwert der Verlauf der Drosselklappenstellung zwischen einer dem Momentenanfangswert entsprechenden Anfangsschließstellung und einer dem Momentenzielwert entsprechenden Zielöffnungsstellung verändert.

Um Lastwechselschlag ohne Beeinträchtigung der Agilität des Fahrzeugs wirkungsvoll zu reduzieren, weist der Verlauf der Drosselklappenstellung benachbart zur Anfangsschließstellung ein die Drosselklappe öffnendes lokales Maximum und zwischen dem lokalen Maximum und der Zielöffnungsstellung ein die Drosselklappe schließendes lokales Minimum auf, wobei das lokale Maximum der Drosselklappenstellung einem lokalen Momentenmaximum entspricht, das groß genug ist, um Spiel im Triebstrang des Kraftfahrzeugs zu überwinden oder wesentlich zu reduzieren.

DE 198 38 454 C 1

DE 198 38 454 C 1

Beschreibung

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Reduzierung von Lastwechselschlag bei Kraftfahrzeugen nach dem Oberbegriff des Anspruchs 1.

Lastwechselschlag entsteht insbesondere beim Übergang zwischen Schubtrieb und Zugbetrieb eines motorisch betriebenen Kraftfahrzeugs und äußert sich in Form eines unerwünschten Fahrzeugruckes sowie eines störenden Lastschlaggeräusches. Der Lastwechselschlag wird durch schnelle Momentenänderungen erzeugt, die beispielsweise durch Beschleunigen aus dem Schubtrieb heraus entstehen können, indem an der Abtriebsseite des Motors ein starker Drehimpuls erzeugt wird, der über ein Einmassen-Schwungrad oder ein Zweimassen-Schwungrad auf den Triebstrang übertragen wird. In der Phase des Momentenaufbaus während des Wechsels zwischen Schub- und Zugbetrieb muß zunächst Spiel im Triebstrang überwunden werden. Nachdem das Spiel durchlaufen wurde, wird der Drehimpuls der schweren Sekundärmasse des Zweimassen-Schwungrades schlagartig auf den Triebstrang übertragen. Dieser Lastwechselschlag beeinträchtigt das subjektive Komfortempfinden des Fahrers und hat eine unerwünschte Energieeinleitung in das Schwingungssystem Motor-Triebstrang-Karosserie zur Folge. Lagerungen im Fahrzeug werden hierdurch zusätzlich belastet.

Im Anschluß an den Spieldurchlauf wird ein schneller Momentenaufbau erzeugt, beispielsweise beim Beschleunigen. Aufgrund der im Schwungrad gespeicherten kinetischen Energie kommt es zum Überspringen des Schwungrades, wobei die Schwungrad-Schwingungen auf den Triebstrang übertragen werden. Diese Schwingungen sind als Ruckelschwingungen bekannt, die wie der Lastwechselschlag zur Kategorie der Fahrzeug-Längsschwingungen zählen.

Es ist zwar aus der DE 40 13 943 C2 bekannt, Ruckelschwingungen zu verhindern, indem das Motormoment durch eine geregelte Kraftstoffeinspritzung in Abhängigkeit der Schwingungsdauer der Ruckelschwingung beeinflusst wird. Durch eine gezielte Rücknahme bzw. Erhöhung des Motormoments in den entsprechenden Phasen der Ruckelschwingung wird versucht, die durch das Ruckeln verursachten Längsbewegungen zu vermeiden.

Das aus der DE 40 13 943 C2 bekannte Verfahren setzt voraus, daß zunächst die Schwingungsperiode der Ruckelschwingung erfaßt wird. Anschließend wird der Motor-Momentenverlauf über die Kraftstoffeinspritzung in Gegenphase zur Ruckelschwingung beeinflusst. Diese Vorgehensweise hat den Nachteil, daß zur Erfassung der Schwingungsperiode zunächst die erste Ruckelschwingung, die die höchste Amplitude aufweist, abgewartet werden muß, bevor die ruckeldämpfenden Maßnahmen ergriffen werden können, so daß der Fahrkomfort nicht in dem erwünschten Maße verbessert wird. Ein weiterer Nachteil liegt darin, daß der Momentenverlauf der Ruckelbewegung gegengesteuert wird, was ein rasch aufeinanderfolgendes Anschwellen und Abfallen des Motormoments erforderlich macht. Diese mehrfache Momentenrücknahme beeinträchtigt die Grundbeschleunigung des Fahrzeugs und verschlechtert das Abgasverhalten der Brennkraftmaschine.

Ein Verfahren zur Schwingungsunterdrückung einer Fahrzeugkarosserie ist auch aus der Druckschrift DE 38 31 575 A1 bekannt. Gemäß diesem Verfahren wird das Motorausgangsdrehmoment in einer Richtung variiert, deren Phase entgegengesetzt zu derjenigen der Fahrzeugkarosserieschwingung liegt. Zur Schwingungskompensation müssen die aktuellen Karosserieschwingungen ermittelt und das Motorausgangsdrehmoment mit den Schwingungen

synchronisiert werden. Neben einem erheblichen Aufwand an Meß- und Regeltechnik führt die Schwingungsunterdrückung außerdem zu einem gedämpft schwingenden Drehmomentverlauf bzw. Beschleunigungsverhalten, wodurch wie beim Verfahren gemäß der DE 40 13 943 C2 Beschleunigung und Abgasverhalten beeinträchtigt werden.

Weder die DE 40 13 943 C2 noch die DE 38 31 575 A1 offenbaren eine Methode, Lastwechselschlag zu vermeiden oder die Auswirkungen von Lastwechselschlag zu vermindern.

Aus der DE 34 04 154 A1 ist eine Regeleinrichtung für ein Kraftfahrzeug bekannt, mit der bei einem Lastwechsel im Antriebsstrang auftretende Schwingungen gedämpft werden können. Über Meßfühler werden Winkelgeschwindigkeiten im Antriebsstrang erfaßt und der Regeleinrichtung zugeführt, wobei die Fahrpedalstellung als Führungsgröße der Regelung dient. Über das Regelsignal wird die Kraftstoffeinspritzung beeinflusst, gegebenenfalls kann bei fremdgezündeten Brennkraftmaschinen auch die Drosselklappenposition eingestellt werden.

Der Erfindung liegt das Problem zugrunde, Lastwechselschlag ohne Beeinträchtigung der Agilität des Fahrzeugs wirkungsvoll zu reduzieren.

Dieses Problem wird erfindungsgemäß mit den Merkmalen des Anspruchs 1 gelöst.

Bei dem neuartigen Verfahren wird davon ausgegangen, daß die Position der Drosselklappe zwischen einer Anfangsschließstellung und einer Zielöffnungsstellung entsprechend einem einzustellenden Motormoment verändert wird. Zur Vermeidung bzw. Reduzierung des Lastwechselschlags ist nun vorgesehen, die Drosselklappe zunächst bis zu einer ersten, einem lokalen Maximum entsprechenden Öffnungsstellung zu öffnen und im Anschluß an die erste Öffnungsstellung auf eine zweite, einem lokalen Minimum entsprechende Öffnungsstellung abzusinken, bevor die Zielöffnungsstellung erreicht wird, wobei das lokale Maximum der Drosselklappenstellung ein lokales Momentenmaximum bewirkt, das insbesondere groß genug ist, um Spiel im Triebstrang des Kraftfahrzeugs im Übergang zwischen Schubtrieb und Zugbetrieb zu überwinden. Das lokale Maximum der Drosselklappenstellung reicht somit aus, um Triebstrangspiel, insbesondere Getriebespiel, auszugleichen. Das zugehörige Momentenmaximum kann dabei ausreichend klein gehalten werden, um das Spiel weich zu durchlaufen, so daß Drehzahldifferenzen zusammenwirkender Übertragungsglieder des Triebstranges mit lediglich kleinen Drehzahlanstiegen ausgeglichen werden und die zusammenwirkenden Übertragungsglieder stoßfrei zur Anlage kommen.

Nach dem Ausgleich des Spiels kann im Anschluß an die zweite, dem lokalen Minimum entsprechende Öffnungsstellung das Motormoment ohne Lastschlagwechsel rasch aufgebaut werden, wodurch das Ansprechverhalten und die Agilität des Fahrzeugs, insbesondere beim Beschleunigen, verbessert ist. Einen Lastschlagwechsel auslösende Drehimpulsstöße werden vermieden. Ein weiterer Vorteil liegt in dem gleichmäßigen, von starken Schwingungen befreiten Verlauf des Motormoments nach Erreichen des Momentenzielwerts, was durch den Abbau der Fahrzeug-Längsschwingungen erzielt wird. Außerdem wird die Belastung der Lagerungen des Motors und des Triebstranges sowie die Belastung der Karosserie gesenkt.

Ein weiterer Vorteil liegt darin, daß durch die kurzfristige Öffnung der Drosselklappe im Bereich des lokalen Maximums des Drosselklappenverlaufs eine schnelle, verzögerungsfreie Befüllung des Saugrohrs der Brennkraftmaschine mit Ansaugluft bereits vor dem Momentenanstieg auf den Momentenzielwert ermöglicht wird. Außerdem werden durch die unmittelbare Ansteuerung der Drosselklappe im

Bereich des lokalen Maximums Verzögerungen infolge gedämpften Umsetzens der Gaspedalbewegung und infolge Trägheit von Motor- und Steuerungskomponenten vermeiden.

Die Einstellung der Drosselklappe erfolgt zweckmäßig über ein elektrisch betätigbares Stellglied, das mit einer Bestromungsfunktion beaufschlagt wird, durch die der gewünschte Verlauf der Drosselklappenstellung bewirkt wird. Die Bestromungsfunktion ist vorteilhaft als näherungsweise rechteckförmige Funktion mit zeitdiskreten Stromintervallen ausgebildet, die in einfacher Weise generiert werden können.

Die Bestromungsfunktion weist bevorzugt eine Sprungstelle auf, mit der das lokale Maximum im Verlauf der Drosselklappenstellung nachgebildet wird und die vorteilhaft näherungsweise als kurzer Rechteckimpuls ausgebildet ist. Die Sprungstelle bewirkt ein sehr kurzzeitiges, teilweises Öffnen der Drosselklappe, wodurch eine erhebliche Steigerung des Saugrohrdrucks und des Motormoments zu erreichen ist. Zusätzlich zum Spielausgleich wird hierdurch in kürzestmöglicher Zeit die maximale Fahrzeugbeschleunigung erreicht. Bereits eine Bestromung der Drosselklappe von 80% des möglichen Maximalwerts über eine Zeitdauer von 20 ms reicht üblicherweise aus, um die Drosselklappe um einen kleinen Winkel zu öffnen und eine Steigerung des Saugrohrdrucks zu erreichen, wobei sich die maximale Fahrzeugbeschleunigung unter Vermeidung von Lastwechselschlag nach etwa 180 ms einstellt.

In bevorzugter Weiterbildung wird die Reduzierung bzw. Eliminierung des Lastwechselschlags mit der Reduzierung bzw. Eliminierung von Ruckelschwingungen kombiniert. Die Ruckelschwingungen können gemäß einem ähnlichen Funktionsverlauf wie der Lastwechselschlag gedämpft werden, indem die Drosselklappenstellung zunächst auf eine einem lokalen Maximum entsprechende Öffnungsstellung angehoben, anschließend auf eine einem lokalen Minimum entsprechende Öffnungsstellung gesenkt und schließlich auf die Zielöffnungsstellung gemäß dem gewünschten Momentenmaximum eingestellt wird. Die Lastwechselschlag- und die Ruckelschwingungsdämpfung werden zeitlich aufeinanderfolgend ausgeführt. In einem ersten Schritt wird zunächst die Funktion für die Lastwechselschlagdämpfung aufgebracht und anschließend auf ein Minimum zurückgeführt, bevor in einem zweiten, darauffolgenden Schritt die Ruckelschwingungsdämpfung mit einer erneuten Anhebung auf ein zweites lokales Maximum und Absenkung auf ein zweites lokales Minimum durchgeführt wird. Dadurch wird im ersten Schritt Spiel im Triebstrang ausgeglichen und eine Übertragung eines Drehimpulsstoßes vom Motor auf den Triebstrang verhindert. Im zweiten Schritt wird der Triebstrang durch das Aufbringen eines Momentenimpulses vorgespannt, schwingt während des lokalen Minimums bis zum Umkehrpunkt der Schwingungsauslenkung weiter und wird im Umkehrpunkt bei voller Vorspannung mit dem Momentenzielwert beaufschlagt. Durch die Kombination beider Schritte ist ein lastschlagfreies und ruckelfreies Beschleunigen mit nahezu maximal möglicher Agilität realisierbar.

Die Amplituden der lokalen Maxima von Lastwechselschlagdämpfung und Ruckelschwingungsdämpfung sind zweckmäßig aufeinander abgestimmt. Die Amplitude des ersten lokalen Maximums ist in der Regel kleiner als die Amplitude des zweiten lokalen Maximums, da der Ausgleich von Spiel im Antriebsstrang mit einem kleineren Drehmoment erfolgen kann als die Vorspannung des Getriebe- strangs.

Der Verlauf der Drosselklappenstellung ist sowohl für die Lastschlagdämpfung als auch für die Dämpfung der Ruckelschwingungen unabhängig vom Verlauf der Gaspedalposi-

tion. Es wird lediglich die Anfangsstellung und die Endstellung des Gaspedals und gegebenenfalls die Gaspedal-Änderungsgeschwindigkeit für die Schwingungsreduzierung berücksichtigt, nicht jedoch der zwischen Gaspedal-Anfangsstellung und Gaspedal-Endstellung liegende Verlauf. Dadurch wird eine Entkopplung des Verlaufes von Gaspedalstellung und Drosselklappenstellung erreicht, wobei die Drosselklappenstellung in der vorbeschriebenen Weise einer im Hinblick auf die Lastschlagreduzierung und Ruckelschwingungsreduzierung optimierten Funktion folgt.

Weitere Vorteile und zweckmäßige Ausführungsformen sind den weiteren Ansprüchen, der Figurenbeschreibung und den Zeichnungen zu entnehmen. Es zeigen:

Fig. 1 bis Fig. 5 den Verlauf der Gaspedalstellung, der Bestromungsfunktion des Stellglieds der Drosselklappe, der Drosselklappenstellung, des Saugrohrdrucks und des Motormoments für eine Reduzierung des Lastwechselschlags,

Fig. 6 bis Fig. 10 einen Fig. 1 bis 5 entsprechenden Funktionsverlauf für eine kombinierte Reduzierung von Lastwechselschlag und Ruckelschwingungen.

Die Fig. 1 bis 5 zeigen Funktionsverläufe für den Übergang von Schubetrieb auf Zugbetrieb eines Kraftfahrzeugs mit Brennkraftmaschine mit Reduzierung des im Übergang auftretenden Lastwechselschlags.

In Fig. 1 ist der Verlauf der Gaspedalstellung St_G dargestellt. Zum Zeitpunkt t_0 steigt die Gaspedalstellung St_G vom Ausgangswert Null rampenförmig auf einen Endwert an, der bei maximal 100% liegt. Der Verlauf der Gaspedalstellung St_G wird in eine in Fig. 2 gezeigte Bestromungsfunktion I umgesetzt, die den Stromverlauf eines elektrischen Stellglieds darstellt, über das die Position der Drosselklappe der Brennkraftmaschine einstellbar ist. Bei einem Wert $I = 0$ der Bestromungsfunktion ist die Drosselklappe geschlossen, bei einem Wert $I > 0$ wird die Drosselklappe je nach Amplitude der Bestromungsfunktion mehr oder weniger weit geöffnet.

Mit kurzer zeitlicher Verzögerung gegenüber dem Anstieg der Gaspedalstellung wird zum Zeitpunkt t_1 ein rechteckförmiger Stromimpuls aufgegeben, dessen Amplitude unterhalb dem Maximalwert von 100% der Bestromungsfunktion liegt und der bis zum Zeitpunkt t_2 aufrecht erhalten wird. Der rechteckförmige Stromimpuls stellt ein lokales Strommaximum I_{\max}^L dar. Zwischen dem Zeitpunkt t_2 und t_3 fällt die Bestromungsfunktion I auf ein lokales Minimum I_{\min}^L , das im gezeigten Ausführungsbeispiel Null beträgt. Zum Zeitpunkt t_3 steigt die Bestromungsfunktion I rampenförmig auf den der maximalen Gaspedalstellung St_G entsprechenden Endwert, wobei es zweckmäßig sein kann, anstelle eines rampenförmigen Anstiegs für die Bestromungsfunktion eine näherungsweise rechteckförmige Funktion vorzusehen.

Das lokale Bestromungsmaximum I_{\max}^L kann bis zum Maximalwert von 100% ansteigen, das lokale Bestromungsminimum I_{\min}^L kann einen Wert größer als Null einnehmen. Gegebenenfalls liegen Bestromungsmaximum I_{\max}^L und Bestromungsminimum I_{\min}^L auf dem gleichen Wert.

Das lokale Bestromungsmaximum I_{\max}^L wird mit kurzer zeitlicher Verzögerung zum Zeitpunkt t_1 gegenüber dem Beginn des Anstiegs der Gaspedalstellung zum Zeitpunkt t_0 aufgegeben. In dieser Zeitspanne können durch Meß- und Auswerteeinrichtungen die den Verlauf der Bestromungsfunktion bestimmenden Parameter und damit der Verlauf der Drosselklappenstellung festgelegt werden. Zweckmäßig wird eine Änderung der Drosselklappenstellung durch Beaufschlagung des Stellglieds mit der Bestromungsfunktion I für den Fall ausgelöst, daß die Änderung der Gaspedalstellung – mithin die Geschwindigkeit des Gaspedals – oberhalb eines vorgegebenen Schwellenwerts liegt, der sich aus der Ausgangsstellung des Gaspedals, der Gaspedalwegdif-

ferenz, der Motordrehzahl und/oder der Gangstellung bestimmt. Aus diesen Parametern kann zunächst der Anfangsverlauf der Bestromungsfunktion, insbesondere der Verlauf des lokalen Maximums I_{\max}^L und des lokalen Minimums I_{\min}^L , bestimmt werden. Aus weiteren, zyklisch erfaßten Messungen zu einem späteren, nach t_2 liegenden Zeitpunkt kann das Endniveau der Bestromungsfunktion I bzw. der Drosselklappenstellung DK festgestellt werden.

Die in Fig. 3 gezeigte Drosselklappenstellung DK stellt sich als Reaktion auf die Bestromungsfunktion I gemäß Fig. 2 ein. Zum Zeitpunkt t_1 öffnet sich die Drosselklappe von der Anfangsschließstellung parabolisch ansteigend bis zum lokalen Maximum DK_{\max}^L und sinkt anschließend parabolisch auf das lokale Minimum DK_{\min}^L , das im gezeigten Ausführungsbeispiel Null beträgt. Ab dem Zeitpunkt t_3 beginnt die Drosselklappenstellung parabolisch auf die Zielöffnungsstellung DK_0 zu steigen.

Anstelle parabolischer Drosselklappenbewegungen kann die Drosselklappe auch anderen Funktionsverläufen folgen.

Als Reaktion auf die Änderung der Drosselklappenstellung stellt sich der in Fig. 4 gezeigte Verlauf des Saugrohrdrucks p_{25} und der in Fig. 5 gezeigte Verlauf des Motormoments M ein. Beide Funktionen steigen wie die Bestromungsfunktion I und die Drosselklappenstellung DK ausgehend von einem Anfangswert auf ein lokales Maximum $p_{25\max}^L$ bzw. M_{\max}^L , fallen anschließend auf ein lokales Minimum $p_{25\min}^L$ bzw. M_{\min}^L ab und steigen schließlich auf einen jeweiligen Endwert bzw. Zielwert an. Je nach Fahrervorgabe stellen sich unterschiedlich hohe lokale Maxima und Minima mit entsprechend unterschiedlichen Gradienten ein, wobei der qualitative Verlauf im wesentlichen gleich bleibt. Die Funktionen des Saugrohrdrucks p_{25} und des Motormoments M sind wie die Drosselklappenfunktion bis in die zweite Ableitung stetig.

Wie Fig. 5 zu entnehmen, nimmt das Motormoment M bis zum Zeitpunkt t_1 einen unteren Momentenanzugswert M_0 kleiner als Null ein. In dieser Zeitspanne befindet sich das Fahrzeug im Schubbetrieb. Als Reaktion auf die zum Zeitpunkt t_1 auf das lokale Maximum I_{\max}^L ansteigende Bestromungsfunktion I steigt das Motormoment M steil an, durchschneidet zum Zeitpunkt t_2 etwa die Nulllinie und erreicht im Zeitraum zwischen t_2 und t_3 das lokale Maximum M_{\max}^L . Im weiteren Verlauf fällt das Motormoment auf das lokale Minimum M_{\min}^L ab, das etwa zum Zeitpunkt t_3 erreicht wird und wieder unter Null liegen kann. Schließlich steigt das Motormoment auf den Momentenzielwert M_0 an.

Das Durchschneiden der Nulllinie markiert zugleich einen Übergang zwischen Schub- und Zugbetrieb des Fahrzeugs. Unterhalb der Momenten-Nulllinie befindet sich das Fahrzeug im Schubbetrieb, oberhalb der Nulllinie im Zugbetrieb.

Gegebenenfalls kann das Motormoment auch den gestrichelt eingezeichneten Verlauf einnehmen, bei dem ab dem Zeitpunkt t_2 das Motormoment mit einem schwachen Gradienten ansteigt und im Zeitraum zwischen t_2 und t_3 etwa die Nulllinie durchschneidet. Dieser Funktionsverlauf zeigt keine ausgeprägten lokalen Momentenmaxima und -minima.

Das lokale Maximum M_{\max}^L des Motormoments ist zweckmäßig hinreichend groß dimensioniert, um das Spiel im Triebstrang des Kraftfahrzeugs ganz oder teilweise zu überwinden. Das hierfür erforderliche lokale Maximum DK_{\max}^L der Drosselklappenstellung wird über die Amplitude und die Zeitdauer des lokalen Maximums I_{\max}^L der Bestromungsfunktion vorgegeben.

Die Reduzierung des Lastwechselschlags dauert bis zum Zeitpunkt t_3 an, der das Ende des lokalen Minimums I_{\min}^L der Bestromungsfunktion I markiert und ab dem die Bestromungsfunktion auf den Zielwert ansteigt.

Die Reaktionen der Drosselklappe, des Ladedrucks und des Motormoments erfolgen mit zeitlicher Verzögerung gegenüber der Bestromungsfunktion I .

Der Lastwechselschlag kann auch im Übergang von Zugbetrieb auf Schubbetrieb, der durch einen Wechsel von positivem Motor-Ausgangsmoment auf negatives Motor-Endmoment gekennzeichnet ist, gedämpft werden. Hierbei werden im Prinzip die Funktionen der Fig. 1 bis 5 in Gegenrichtung, von rechts nach links, durchlaufen, wobei zu berücksichtigen ist, daß die Bestromungsfunktion und die Drosselklappenstellung grundsätzlich mit zeitlicher Verzögerung auf eine Änderung der Gaspedalstellung reagieren.

Eine weitere Reduzierung des Lastschlags kann durch eine weiche Abstimmung des Triebstranges erfolgen, indem der Triebstrang mit einer geringen Drehsteifigkeit versehen wird, was beispielsweise durch dünne Seitenwellen realisiert werden kann.

Die in den Fig. 6 bis 10 dargestellten Funktionsverläufe zeigen eine Kombination von Reduzierung des Lastwechselschlags und von Ruckelschwingungen. Die Schaubilder zeigen jeweils drei Funktionsverläufe, und zwar jeweils einen Verlauf für eine schnelle Beschleunigung (durchgezogene Linie), einen Verlauf für eine langsamere Beschleunigung auf das gleiche Zielniveau (strichpunktierte Linie) und einen Verlauf für eine Beschleunigung auf ein niedrigeres Zielniveau (gestrichelte Linie).

Gemäß Fig. 6 steigt die Gaspedalstellung St_G zum Zeitpunkt t_0 rampenförmig auf die Endstellung an. Dieser Anstieg wird in die in Fig. 7 gezeigte Bestromungsfunktion I für das elektrische Stellglied der Drosselklappe umgesetzt. Die Bestromungsfunktion I weist zwei aufeinanderfolgende lokale Maxima auf, ein erstes Maximum I_{\max}^L , das zum Zeitpunkt t_1 beginnt und als Rechteck ausgebildet ist, und ein zweites Maximum I_{\max}^R , das zu einem späteren Zeitpunkt t_3 beginnt und ebenfalls rechteckförmig ausgebildet ist. Im weiteren Verlauf steigt die Bestromungsfunktion I zum Zeitpunkt t_5 sprunghaft auf den Endwert an.

Das erste lokale Maximum I_{\max}^L beginnt zeitverzögert gegenüber dem Beginn t_0 der Gaspedalbewegung St_G . Zwischen dem ersten Maximum I_{\max}^L und dem zweiten Maximum I_{\max}^R liegt ein erstes lokales Minimum I_{\min}^L zwischen den Zeitpunkten t_2 und t_3 . Auf das zweite lokale Maximum I_{\max}^R folgt ein zweites lokales Minimum I_{\min}^R zwischen dem Ende des zweiten lokalen Maximums I_{\max}^R zum Zeitpunkt t_4 und dem Beginn des Anstiegs auf den Endwert zum Zeitpunkt t_5 .

Das erste lokale Maximum I_{\max}^L und das erste lokale Minimum I_{\min}^L bis zum Zeitpunkt t_3 sind der Reduzierung des Lastwechselschlags zugeordnet. Das zweite lokale Maximum I_{\max}^R und das zweite lokale Minimum I_{\min}^R zwischen den Zeitpunkten t_3 und t_5 sind der Reduzierung der Ruckelschwingungen zugeordnet.

Je nach Verlauf der Gaspedalstellung St_G nimmt die Bestromungsfunktion I einen unterschiedlichen Verlauf ein. Die Minima und Maxima können im Hinblick auf Amplitude, zeitlichem Beginn, Zeitdauer und Funktionstyp variieren. So kann es zweckmäßig sein, anstelle von Rechteckfunktionen rampenförmige oder trapezförmige Funktionen mit hohem Gradienten vorzugeben oder Funktionen zu realisieren, die bis in die erste oder die zweite Ableitung stetig sind. Wie beim zweiten lokalen Maximum I_{\max}^R eingetragen, können die lokalen Maxima mehrere Stufen aufweisen. Gegebenenfalls ist jedes Maximum in mehrere einzelne Rechteckfunktionen mit zwischenliegenden Minima unterteilt. Die Amplituden können bis auf den Maximalwert von 100% ansteigen, wobei vorzugsweise die Amplitude des ersten, der Lastschlagdämpfung zugeordneten lokalen Maximums I_{\max}^L deutlich geringer ausgeprägt ist als die Ampli-

tude des zweiten, der Ruckelschwingungsdämpfung zugeordneten lokalen Maximums I_{\max}^R . Der zeitliche Abstand zwischen dem ersten und dem zweiten lokalen Maximum, der durch die Zeitdauer des ersten lokalen Minimums gekennzeichnet ist, ist zweckmäßig klein im Vergleich zur Zeitdauer des zweiten lokalen Minimums.

Der in Fig. 8 dargestellte Verlauf der Drosselklappenstellung DK stellt sich als Reaktion auf die Bestromungsfunktion I ein. Die Drosselklappenstellung steigt zum Zeitpunkt t_1 auf ein erstes lokales Maximum DK_{\max}^L , fällt danach auf ein erstes lokales Minimum DK_{\min}^L ab, steigt zum Zeitpunkt t_3 auf ein zweites lokales Maximum DK_{\max}^R und fällt danach auf ein zweites lokales Minimum DK_{\min}^R ab, bevor zum Zeitpunkt t_5 der Anstieg auf die Zielöffnungsstellung DK_0 erfolgt. Die lokalen Minima DK_{\min}^L und DK_{\min}^R liegen beim Wert Null bzw. nahe Null.

Die lokalen Minima und Maxima zeigen sich auch in den Verläufen des Ladedrucks p_{2S} und des Motormoments M gemäß den Fig. 9 und 10. Gemäß Fig. 9 steigt der Ladedruck zunächst auf das erste lokale Maximum $p_{2S\max}^L$ an, fällt abhängig vom Saugrohrvolumen auf das erste lokale Minimum $p_{2S\min}^L$ ab, steigt auf das zweite, höhere lokale Maximum $p_{2S\max}^R$ an und fällt auf das zweite lokale Minimum $p_{2S\min}^R$ ab, bevor der Anstieg zum Ladedruck-Endwert erfolgt. Das Abfallen auf das Minimum hängt vom Saugrohrvolumen ab, wobei ein großes Saugrohrvolumen mehr Luftaufnahmekapazität aufweist als ein kleineres Saugrohrvolumen und daher einen geringeren Ladedruckabfall produziert.

In ähnlicher Weise steigt das Motormoment zum Zeitpunkt t_1 ausgehend vom negativen Momentenanfangswert M_u auf das erste lokale Maximum M_{\max}^L an, das etwa kurz nach dem Zeitpunkt t_2 – dem Zeitpunkt des Beginns des ersten lokalen Minimums I_{\min}^L der Bestromungsfunktion – erreicht wird. Zum Zeitpunkt t_3 – dem Zeitpunkt des Beginns des zweiten lokalen Maximums I_{\max}^R der Bestromungsfunktion – wird das knapp unter der Nulllinie liegende erste lokale Minimum M_{\min}^L erreicht. Anschließend erfolgt die Ruckelschwingungsdämpfung, bei der das Motormoment auf das zweite lokale Maximum M_{\max}^R ansteigt, auf das zweite lokale Minimum M_{\min}^R abfällt und schließlich nach dem Zeitpunkt t_5 auf den oberen Momentenzielwert M_0 ansteigt.

Die Funktionen für die Drosselklappenstellung, den Ladedruck und das Motormoment sind bis in die zweite Ableitung stetig. Diese Funktionen reagieren mit zeitlicher Verzögerung auf den Verlauf der Bestromungsfunktion I.

Die Funktionen werden zum Beschleunigen von links nach rechts durchlaufen; entsprechend dem negativen Momentenanfangswert M_u und dem positiven Momentenzielwert M_0 beinhaltet der Beschleunigungsvorgang auch einen Übergang von Schub- auf Zugbetrieb, bei dem der zu dämpfende Lastwechselschlag auftritt. Bei einer Fahrzeugverzögerung werden die Funktionen in entgegengesetzter Richtung von rechts nach links durchlaufen, wobei die zeitliche Verzögerung im Verlauf der Bestromung und der Änderung der Drosselklappenstellung gegenüber der Änderung der Gaspedalstellung zu berücksichtigen ist. Bei einem Vorzeichenwechsel im Momentenverlauf von positivem Ausgangswert auf negativen Endwert (Übergang von Zugbetrieb auf Schubbetrieb) werden Lastwechselschläge des Fahrzeugs ebenso wie Ruckelschwingungen wirkungsvoll reduziert bzw. eliminiert.

Es kann gegebenenfalls angezeigt sein, ausschließlich Lastwechselschläge oder ausschließlich Ruckelschwingungen zu dämpfen.

Sowohl bei der Lastschlagdämpfung als auch bei der Ruckelschwingungsdämpfung ist der Verlauf der Bestro-

mungsfunktion bzw. der Drosselklappenstellung entkoppelt vom Verlauf der Gaspedalstellung. Es werden lediglich Eckdaten aus dem Verlauf der Gaspedalstellung wie Anfangswert, Endwert, Änderungsgeschwindigkeit etc. berücksichtigt und aus diesen Eckdaten Funktionsverläufe für die Drosselklappenstellung gebildet, wobei bei Verwendung eines elektrischen Stellglieds für die Drosselklappe eine Manipulation der Bestromungsfunktion des Stellgliedes vorgenommen wird.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Reduzierung von Lastwechselschlag bei Kraftfahrzeugen durch Veränderung des Motor-Momentenverlaufs, wobei zur Umsetzung eines Motor-Momentenverlaufs (M) zwischen einem unteren Momentenanfangswert (M_u) und einem oberen Momentenzielwert (M_0) der Verlauf der Drosselklappenstellung (DK) zwischen einer dem Momentenanfangswert (M_u) entsprechenden Anfangsschließstellung (DK_u) und einer dem Momentenzielwert (M_0) entsprechenden Zielöffnungsstellung (DK_0) verändert wird, **dadurch gekennzeichnet**, daß der Verlauf der Drosselklappenstellung (DK) zwischen einer Anfangsschließstellung (DK_u) und einer Zielöffnungsstellung (DK_0) so verändert wird,
 - daß zunächst die Drosselklappe bis zu einer ersten Öffnungsstellung (DK_{\max}^L) geöffnet wird,
 - daß anschließend die Drosselklappe bis zu einer zweiten Öffnungsstellung (DK_{\min}^L) geschlossen wird,
 - daß im folgenden die Drosselklappe auf die Zielöffnungsstellung (DK_0) eingestellt wird,
 wobei die erste Öffnungsstellung (DK_{\max}^L)
 - größer ist als die Anfangsschließstellung (DK_u) und größer ist als die zweite Öffnungsstellung (DK_{\min}^L),
 - kleiner ist als die Zielöffnungsstellung (DK_0) und einem Moment entspricht, das das Spiel im Antriebsstrang überwindet.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Drosselklappe über ein elektrisch betätigbares Stellglied eingestellt wird und der Verlauf der Drosselklappenstellung (DK) durch eine das Stellglied beaufschlagende Bestromungsfunktion (I) gesteuert wird.
3. Verfahren nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß zur Einstellung der ersten Öffnungsstellung (DK_{\max}^L) im Verlauf der Drosselklappenstellung (DK) die Bestromungsfunktion (I) zumindest einen Sprung aufweist.
4. Verfahren nach Anspruch 2 oder 3, dadurch gekennzeichnet, daß die Bestromungsfunktion (I) näherungsweise eine Rechteckfunktion ist.
5. Verfahren nach einem der Ansprüche 2 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß die Bestromung im Bereich der ersten Öffnungsstellung (DK_{\max}^L) im Verlauf der Drosselklappenstellung (DK) etwa 20 ms andauert.
6. Verfahren nach einem der Ansprüche 2 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß die Bestromung im Bereich der ersten Öffnungsstellung (DK_{\max}^L) im Verlauf der Drosselklappenstellung (DK) etwa 80% der Maximalbestromung aufweist.
7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß die zweite Öffnungsstellung (DK_{\min}^L) Null beträgt.
8. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, daß die Änderung der Drossel-

klappenstellung (DK) ausgelöst wird, wenn die Geschwindigkeit des Gaspedals des Kraftfahrzeugs oberhalb eines gegebenen Schwellwerts liegt.

9. Verfahren nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, daß der Schwellwert durch mindestens einen der folgenden Parameter bestimmt wird: die Ausgangsstellung des Gaspedals, die Gaspedalwegdifferenz, die Motordrehzahl, die Gangstellung.

10. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 9, dadurch gekennzeichnet, daß die Einstellung der Drosselklappe zur Reduzierung des Lastwechselschlags beim Übergang zwischen Schubtrieb und Zugtrieb erfolgt.

11. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 10, dadurch gekennzeichnet, daß die Einstellung der Drosselklappe zur Reduzierung des Lastwechselschlags mit einem Verfahren zur Vermeidung von Ruckelschwingungen kombiniert wird, wobei im Anschluß an die erste Öffnungsstellung (DK_{max}^L) und die zweite Öffnungsstellung (DK_{min}^L), die der Lastschlagreduzierung zugeordnet sind, eine weitere, einem zweiten lokalen Maximum (DK_{max}^R) zugeordnete Öffnungsstellung und eine sich daran anschließende, einem zweiten lokalen Minimum (DK_{min}^R) zugeordnete Öffnungsstellung, die der Ruckelschwingungsreduzierung zugeordnet sind, im Verlauf der Drosselklappenstellung (DK) vor dem Erreichen der Zielöffnungsstellung (DK_o) vorgesehen sind.

12. Verfahren nach Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, daß die Amplitude der dem ersten Maximum zugeordneten ersten Öffnungsstellung (DK_{max}^L) zur Dämpfung des Lastschlags geringer ist als die Amplitude der dem zweiten Maximum zugeordneten Öffnungsstellung (DK_{max}^R) zur Dämpfung der Ruckelschwingung.

13. Verfahren nach Anspruch 12, dadurch gekennzeichnet, daß die Amplitude der dem ersten Maximum zugeordneten ersten Öffnungsstellung (DK_{max}^L) etwa 50% der Amplitude der dem zweiten Maximum zugeordneten Öffnungsstellung (DK_{max}^R) beträgt.

14. Verfahren nach einem der Ansprüche 11 bis 13, dadurch gekennzeichnet, daß die Zeitdauer der dem ersten Maximum zugeordneten ersten Öffnungsstellung (DK_{max}^L) nicht größer ist als die Zeitdauer der dem zweiten Maximum zugeordneten Öffnungsstellung (DK_{max}^R).

Hierzu 2 Seite(n) Zeichnungen

50

55

60

65



